

A felvehető foszfortartalmak becslésére szolgáló módszerek tanulmányozása néhány rajasthani talaj esetében

L.L. SOMANI

A Rajasthani Mezőgazdasági Főiskola Talajtani és Agrokémiai Tanszéke,
Udaipur, Rajasthan (India)

A növények foszfor szükségletük javarésztét szervetlen vegyületekből veszik fel. A talaj foszfortartalmát frakcionáló eljárás [5] és módosításai [4, 14, 21] sok esetben lehetőséget nyújtottak a különböző kivonószerek által oldott, illetőleg a növény által felhasznált foszformennyiségek közötti összefüggések vizsgálatára. A kutatók igen gyakran egyszerű korrelációs számításokat, illetőleg regressziós egyenleteket alkalmaztak, hogy kiértékeljék, mennyire alkalmas egy-egy kivonószerek a növények tápanyagfelvételének szimulálására. E tanulmányok [2, 7, 16] során kitűnt, hogy bár a növények a foszfort többféle formából veszik fel, az egyes kivonószerek csupán e formák egyikének-másikának kimutatására specifikusak. Egyszerű korrelációt alkalmazva nincs módunk az egyes frakciók közvetlen hatását elkülöníteni a frakciók közti kölcsönhatások közvetett hatásától. Erre csak a többszörös regressziós módszer képes, azonban SRIVASTAVA és PATHAK [19] ez utóbbi eljárással sem tudtak semmiféle összefüggést kimutatni az egyes frakciók és a növények foszforfelvétele között.

Ma már sajátosan megválasztott változókkal olyan regressziókat is kiszámíthatunk, amelyek lehetővé teszik a felvehető (labilis) talajfoszforkészlet különböző szilárd fázisú frakcióinak sorrendbe állítását, és a növény táplálásában játszott szerepük mértékének a megítélését.

DRAPER és SMITH [9], TANDON, TYNER és WALKER [20] illetőleg CHOLITKUL és TYNER [6] a fokozatos regressziót tartották a legalkalmasabbnak a tápanyagok felvehetőségében szereplő változók súlyának megítélésére. MATTINGLY [11] véleménye szerint a talaj foszfor szolgáltatása három paraméterrel jellemezhető, a kapacitással, az intenzitással és a kinetikai faktorról. Az alábbi vizsgálatainkban megpróbálkoztunk a talajok felvehető foszfortartalmának átfogó becslésével, és ennek során egyszerű korrelációs számítás, valamint többszörös és a fokozatos regressziót egyaránt alkalmaztuk, ideértve a kapacitás-, intenzitás- és kinetikai faktorok tanulmányozását is.

Anyagok és módszerek

Rajasthan (India) területén tizenöt különböző helyről felszíni (0–15 cm) talajmintát gyűjtöttünk. Ezeket légszárazon 2 mm lyukbőségű szitán eresztettük át az analízisek előtt. A talajokat jellemző vizsgálati adatokat az 1. táblázatban foglaltuk össze. A talajok pH-ját és elektromos vezetőképességét (EC) a telítési kivonattól üvegelektroddal, illetőleg vezetőképesség-mérő hiddal határoztuk meg. A szervesszént-tartalom meghatározása WALKLEY és BLACK [22] szerint a talaj króm-kénsavas roncsolásával — a kénsav hígítási hőjét felhasználva —, gyors titrálással történt. A talaj szerves anyaga által nem redukált krómsav mennyiségének meghatározására ferro-szulfát mérőoldatos titrálást alkalmaztunk. A talajokat átszitálásuk után 3 kg-os tenyészedényekbe helyeztük és *Vigna radiata* var. *mungo*-val vetettük be. A növényeket tenyészidejük 60. napján a talaj felszíne fölött levágtuk, megszáritottuk, majd P-tartalmukat $\text{HNO}_3\text{--H}_2\text{SO}_4\text{--HClO}_4$ (10:1:4 térfogatos arányú) ternér savkeverékkel történt nedves oxidáció után határoztuk meg. A légszáraz növényi anyagot előzetesen HNO_3 -mal roncsoltuk [15]. A növényi roncsolatokban és a különböző talajkivonatokban a P-tartalmat DICKMAN és BRAY [8] szerint mértük. A szerves szént WALKLEY és BLACK [22], a szerves foszfort LEGG és BLACK [10] módszerével határoztuk meg. A szervetlen foszfor frakcionálása CHANG és JACKSON [5] szerint történt. Az egyensúlyi foszforpotenciált (EPP) WHITE és BECKETT [23] módszerének segítségével állapítottuk meg. A felvehető P-t (kapacitásparaméter) OLSEN [13], BRAY [3] és MORGAN [12] szerint, valamint savas szakaszos oldással [18] határoztuk meg.

A talaj foszfortartalmának szakaszos kioldása úgy történt, hogy kilúgozó csövekbe vattadugók közé 5–5 g talajt helyeztünk. Deville-palackban levő desztillált víz és 0,1 N sósavoldat meghatározott arányú keverékével a talajmintákat lineárisan

1. táblázat

A vizsgált talajok néhány jellemzője

(1) Talaj származási helye	(2) A talaj rendszertani beosztása [17]	(3) Anyakőzet	pH	(4) Szerves C, %	(5) Elektromos vezetőképesség, $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ (25 °C)
Amate	Argiustolls	a) Réteges gneisz komplexus	8,1	0,53	2,40
Chandaria	Paleustalfs	b) Bundelkhand gneisz	7,5	0,64	1,85
Chittor	Chromusterts	c) Vindhyan körzeti öntés	8,3	0,75	0,95
Dabok	Argiustolls	a) Réteges gneisz komplexus	7,9	0,25	4,00
Dungarpur	Haplustalfs	d) Gneisz	7,4	0,38	1,50
Gangrar	Paleustalfs	b) Bundelkhand gneisz	8,3	0,72	1,12
Jaipur	Ustipsamments	e) Öntés	7,7	0,11	1,00
Jodhpur	Paleargids	e) Öntés	8,1	0,11	0,80
Kankroli	Paleustalfs	d) Gneisz	7,7	0,57	1,40
Kherwara	Argiustolls	a) Réteges gneisz komplexus	6,8	0,38	1,40
Kumbhalgarh	Ustocharepts	f) Gránit	8,1	1,04	1,35
Pali	Ustocharepts	f) Gránit	7,6	0,61	18,00
Nathdwara	Paleustalfs	d) Gneisz	7,6	0,39	6,00
Tonk	Ustocharepts	f) Gránit	8,0	0,84	1,10
Udaipur	Argiustolls	a) Réteges gneisz komplexus	8,2	0,71	2,25

2. táblázat

A szerves P-frakciók és a szerves P mennyisége az egyes talajokban

(1) Talaj származási helye	(2) Szerves P, ppm	(3) Szerves C Szerves P	(4) Szerves P-frakciók, ppm				(5) Összes P, ppm
			Adszorbeált P	Al – P	Fe – P	Ca – P	
Amate	171,9	30,8	34,2	98,4	71,9	375,5	829,1
Chandaria	88,4	72,4	1,8	27,0	53,3	29,0	921,7
Chittor	192,7	38,9	35,4	162,6	40,6	496,8	921,7
Dabok	35,0	71,4	0,0	7,8	29,0	44,7	125,0
Dungarpur	20,5	185,4	0,0	9,0	34,2	44,7	171,1
Gangrar	83,4	86,4	7,2	45,6	17,9	68,0	250,9
Jaipur	26,7	41,2	9,6	17,4	33,0	62,4	156,7
Jodhpur	28,4	38,8	1,8	13,2	34,2	57,7	157,5
Kankroli	72,9	78,2	16,2	45,6	15,6	205,0	467,5
Kherwara	13,4	283,5	1,8	13,2	33,0	40,4	117,1
Kumbhalgarh	239,6	43,4	114,4	212,2	79,4	582,4	1500,0
Pali	114,6	53,2	11,4	90,6	13,1	163,6	473,2
Nathdwara	63,8	61,1	24,0	46,2	1,1	151,6	359,3
Tonk	82,0	102,4	6,6	36,0	34,2	193,9	384,8
Udaipur	122,4	58,0	27,6	108,0	63,2	240,9	781,2

növekvő savasságú kivonószerezrel mostuk át. Egy-egy talajmintáról összesen 900 ml kilúgozó folyadékot gyűjtöttünk össze, s az ebben kimutatott foszfort tekintettük a szakaszos savas kioldással nyerhető mennyiségnek [18].

3. táblázat

A talajok kapacitás- és intenzitásparaméterei és a növény P-felvétele

(1) Talaj származási helye	(2) Felvehető P, ppm				(3) Egyensúlyi foszfor-potenciál	(4) Növény P-felvétele, mg/edény
	Olsen	Morgan	Bray	Szakaszos kioldás		
	módszerrel meghatározva					
Amate	13,7	7,7	11,7	46,9	8,1	10,9
Chandera	18,7	2,5	17,0	3,9	8,5	9,4
Chittor	20,6	8,1	20,8	86,4	8,1	19,9
Dabok	0,0	1,7	10,0	3,2	8,5	2,6
Dungarpur	17,5	1,7	7,9	8,4	9,3	2,3
Gangrar	6,8	7,5	20,5	31,0	8,5	9,6
Jaipur	20,6	7,2	14,7	20,8	8,4	9,9
Jodhpur	0,0	3,7	10,5	27,7	8,7	2,8
Kankroli	16,8	10,2	5,2	15,2	8,8	14,3
Kherwara	0,0	1,7	11,1	2,0	9,3	2,0
Kumbhalgarh	37,5	12,5	20,0	94,2	7,8	15,4
Pali	15,6	7,7	19,4	18,9	8,2	3,5
Nathdwara	28,1	6,2	8,2	15,1	8,5	13,6
Tonk	11,8	3,7	14,1	13,7	8,2	7,3
Udaipur	38,7	13,1	19,4	45,6	8,0	13,8

Az eredmények és megbeszélésük

A vizsgált talajminták szerves és szervetlen foszfátfrakcióinak mennyiségét a 2. táblázatban, a felvehető P (kapacitásparaméter) és az egyensúlyi foszfátpotenciál (intenzitásparaméter) értékét, illetőleg a tenyészedényekben mért P-felvételt a 3. táblázatban foglaltuk össze. Az adatok szerint a talajok legtöbbszörében a Ca-P és az Al-P dominál, azonkívül értékelhető Fe-P és adszorbeált P-mennyiségeket is tartalmaznak.

A talajban kimutatott P-értékek és a tenyészedény-kísérletekben mért P-felvételek között egyszerű, többszörös és fokozatos regressziós analízisekkel kerestünk összefüggést. Ezek paraméterei láthatók a 4. táblázatban. A korrelációs együtthatók szerint valamennyi vizsgált szervetlen P-frakció (Ca-P, Fe-P, adszorbeált P és Al-P) szerepet játszik a növény tápanyagfelvételében. Ugyanezt mutatja a többszörös regressziós elemzés is, megegyezően több kutató [1, 2, 7, 16] vizsgálati eredményeivel. A fokozatos regressziós elemzés szerint is leginkább a Ca-P vett részt a növény táplálásában, ezt a Fe-P és az adszorbeált P követte, a legkisebb az Al-P szerepe volt. Érdekes, hogy a Fe-P frakció — amely nem volt szignifikáns összefüggésben az OLSEN-, MORGAN- és BRAY-szerint kivonható P-tartalmakkal ($r=0,388, 0,323, 0,370$) —, mutatkozott a növények második legjelentősebb foszforforrásának.

Ez szignifikáns összefüggésben volt az adszorbeált P, Al-P és Ca-P frakciókkal. A fokozatos regressziós elemzések szerint e frakciók közel azonos mértékben szabták meg a mért Olsen-P értékeket. Lineáris összefüggésben a MORGAN módszerével kapott foszforkivonat töménysége szignifikáns kapcsolatban volt az Al-P, Ca-P és adszorbeált P-frakciókkal, míg a többszörös regressziós elemzésben ezek mellett még a Fe-P frakció részesedése is szignifikánsnak bizonyult. A BRAY-féle talajkivonat esetében az egyszerű összefüggés szerint csak az Al-P szerepe volt szignifikáns, míg a többszörös regresszió valamennyi szervetlen foszfátfrakció részvételét igazolta. Ezek BRAY kivonószerében az alábbi csökkenő sorrendben oldódnak: Al-P > Ca-P > adszorbeált P > Fe-P, és együttesen a talaj felvehető foszforkészletének 76%-át adják. A savas szakaszos kioldással nyert foszfor valamennyi szervetlen foszfátfrakcióval erősen szignifikáns összefüggésben van. Ekkor az egyes foszfátfrakciók kivonhatóságának a sorrendje: Al-P > Ca-P > Fe-P, és összességében a P-tápanyagkészlet 88%-a nyerhető így ki.

A fentiekből kétségtelenül következik, hogy a növények a talaj valamennyi foszforfrakciójából vesznek fel tápanyagot, a kapacitásparaméterekben mind a négy frakció bennefoglaltatik. Emiatt nem javasolhatunk egyetlen olyan kapacitásparamétert sem, ami önmagában pontosan jelezhetné a növény foszforfelvételét, mivel a különböző szervetlen foszfátfrakciók eltérő módon és mértékben járulnak hozzá ehhez. A kapacitásparaméterek így meghatározásuk módja szerint többé-kevésbé érvényesek.

MATTINGLY [11] rámutatott arra, hogy a kapacitástényező mellett a talaj foszforkészletének felvehetőségét az intenzitás és a kinetikai tényezők is befolyásolják. Ezért ésszerűnek tűnt az egyes kivonószerekkel kapott P-tartalom értékeket (kapacitásparamétereket) külön-külön többszörös regresszióban szerepeltetni a növény tápanyagellátásában játszott szerepük mértékének a megítélésére, egyszersmind az intenzitás- (EPP) és kinetikus (szerves C/szerves P) faktorokat is tekintetbe véve. E többszörös regressziós elemzések jellemző értékei az 5. táblázatban találhatók.

4. táblázat

Többváltozós fokozatos valamint egyszerű regresszió-számítás paraméterei
a talajok szerves P-frakciói és a *Vigna radiata* var. *mungo* növény P-felvétele,
ill. a különféle kivonószerekkel meghatározott felvehető-P értékek között

(1) Függő és független változók	B	R	R ²	ΔR ²	r	(2) F-érték
A) P-felvétel						
Ca-P	0,024**	0,730**	0,540	0,540	0,730**	14,81***
Fe-P	−0,049**	0,748**	0,560	0,020	0,699**	7,63**
a) Adszorbeált P	0,015*	0,749*	0,561	0,001	0,699**	4,69*
Al-P	0,014*	0,750*	0,562	0,001	0,607**	3,21*
b) Konstans	5,901					
B) Olsen-P						
a) Adszorbeált P	0,196**	0,661**	0,437	0,437	0,661**	10,09**
Al-P	0,157*	0,677*	0,458	0,021	0,653**	5,06**
Ca-P	0,405*	0,701*	0,492	0,034	0,571*	3,54*
b) Konstans	10,306					
C) Morgan-P						
Al-P	0,058***	0,754***	0,569	0,569	0,754**	17,13***
Fe-P	−0,025**	0,762**	0,581	0,012	0,323	8,30**
Ca-P	−0,006**	0,766**	0,586	0,006	0,685**	5,19**
a) Adszorbeált P	0,025*	0,770*	0,593	0,007	0,686**	3,65*
b) Konstans	4,305					
D) Bray-P						
Al-P	0,213**	0,621**	0,386	0,386	0,621*	8,18**
Ca-P	−0,045***	0,817***	0,668	0,282	0,417	12,08***
a) Adszorbeált P	−0,114**	0,854**	0,729	0,061	0,389	9,89**
Fe-P	0,050**	0,871**	0,759	0,029	0,370	7,86**
b) Konstans	9,526					
E) Savval, szakaszo- san kivont P						
Al-P	0,276***	0,929***	0,862	0,862	0,929***	81,45***
Ca-P	0,051***	0,935***	0,874	0,012	0,914***	41,73***
Fe-P	0,101***	0,937***	0,878	0,004	0,577**	26,51***
a) Adszorbeált P	—	—	—	—	0,803**	—
b) Konstans	−1,399					

* 5%-os, ** 1%-os, *** 0,1%-os valószínűségi szinten szignifikáns

B: Regressziós együttható;

R: Többszörös korrelációs együttható; r: Egyszerű korrelációs együttható.

Ezekből, különösen az F-értékeket tekintve, nyilvánvaló, hogy a legkisebb szerepe a BRAY szerint kivont P-nek van. OLSEN ill. MORGAN kivonószere és a savas szakaszos kioldás egyaránt alkalmazható a növények számára felvehető foszforkészletek előrejelzésére, és pedig az esetek átlagában 54—57%-os valószínűséggel. A közölt vizsgálatok eredményei tehát megerősítik MATTINGLY [11] észlelését, hogy a növények felvehető foszforkészletének becslésekor a talajok foszforállapotát jelző mindhárom paramétert, a kapacitás-, az intenzitás- és a kinetikai faktort mint szignifikánsan befolyásoló tényezőket célszerű értékelni.

5. táblázat

A kapacitás-, intenzitás- és kinetikus paraméterek szerepe
a *Vigna radiata* var. *mungo* növény P-felvételében (függő változók),
többváltozós fokozatos valamint egyszerű regresszió alapján

(1) P-felvétel és függet- len változók	B	R	R ²	ΔR^2	r	(2) F-érték
a) Olsen-P	0,248**	0,697**	0,485	0,485	0,696**	12,26**
b) Szerves C:szerves P	-0,016**	0,749**	0,561	0,076	-0,516*	7,67**
c) EPP	-2,087*	0,754*	0,569	0,008	-0,616**	4,84*
d) Konstans	24,086					
e) Morgan-P	0,888**	0,738**	0,544	0,544	0,738**	15,53**
c) EPP	-1,639	0,753**	0,566	0,022	-0,616**	7,83**
b) Szerves C:szerves P	-0,008*	0,755*	0,570	0,004	-0,516*	4,86*
d) Konstans	18,087					
c) EPP	-7,875*	0,616*	0,379	0,379	-0,616**	7,93*
f) Bray-P	-0,073*	0,619*	0,383	0,004	0,365	3,73*
b) Szerves C:szerves P	-0,006	0,620	0,385	0,001	-0,515*	2,92
d) Konstans	77,317					
g) Savval szakaszosan kivont P	0,111**	0,706**	0,498	0,498	0,706**	12,91**
b) Szerves C:szerves P	-0,016**	0,736**	0,541	0,043	-0,516*	7,08**
c) EPP	-0,989*	0,737*	0,543	0,002	-0,615**	4,36*
d) Konstans	15,636					

c) EPP=egyensúlyi foszfátpotenciál

B: Regressziós együttható; R: Többszörös korrelációs együttható; r: Egyszerű korrelációs együttható.

* 5%-os, ** 1%-os, *** 0,1%-os valószínűségi szinten szignifikáns

Összefoglalás

Tizenöt helyen vett felszíni talajmintákkal végzett tenyészedény-kísérletben *Vigna radiata* var. *mungo* jelzőnövénnyel vizsgáltam, hogy a talaj egyes szervetlen foszforfrakcióiból milyen arányban táplálkozik a növény, és ezt összevetettem a különböző kivonószerekkel a frakciókból kioldott foszformennyiségekkel. Lineáris, egyszerű többváltozós és fokozatos regressziós analízisek szerint a növény valamennyi foszfátfrakciót hasznosítja. A különböző kivonószerekkel kapott értékeket — a kapacitás-, intenzitás- és kinetikus paraméterek növényi foszforfelvételben játszott szerepe mértékének megítélésére — többszörös regressziós egyenletben alkalmaztam. Kítűnt, hogy mind a három paraméternek szignifikáns a szerepe. A vizsgált esetekben azonban a BRAY-P nem bizonyult alkalmas kapacitásparaméternek, míg a savas szakaszos kioldással kapott foszfor mennyisége a vizsgált talajokon elfogadható kapacitásparaméter volt.

Irodalom

- [1] AHMED, B. & ISLAM, A.: Extractable phosphate in relation to the forms of phosphate fractions in some humid tropical soils. *Trop. Agric. (Trinidad)*. **52**. 113—118. 1975.
- [2] BASU, S. N. & MUKHERJEE, S. K.: Phosphorus availability from different forms of iron, aluminium and calcium phosphates. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **17**. 391—397. 1969.
- [3] BRAY, R. H. & KURTZ, L. T.: Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* **59**. 39—45. 1945.
- [4] CHANG, S. C.: Modified procedure for fractionation of soil phosphorus. *Bull. Assoc. Agr. Chem. National Taiwan Univ.* **10**. 28—31. 1961.
- [5] CHANG, S. C. & JACKSON, M. L.: Fractionation of soil P. *Soil Sci.* **84**. 133—144. 1957.
- [6] CHOLITKUL, W. & TYNER, E. H.: Inorganic phosphorus fractions and their relation to some chemical indices of phosphate availability for some lowland rice soils of Thailand. *Proc. Int. Symp. Soil Fert. Evaluation*. New Delhi. *Indian Soc. Soil Sci.* **1**. 7—20. 1971.
- [7] CHOUDHARI, J. S., SAXENA, S. N. & SOMANI, L. L.: Studies on chemical availability of inorganic phosphorus fractions and their utilization by crops in some soils of Rajasthan. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **22**. 258—261. 1974.
- [8] DICKMAN, S. R. & BRAY, R. H.: Colorimetric determination of phosphate. *Indust. Engng. Chem. (Anal. Ed.)* **12**. 665—668. 1940.
- [9] DRAPER, N. R. & SMITH, H.: *Applied regression analysis*. J. Wiley & Sons. New York. 1966.
- [10] LEGG, J. O. & BLACK, C. A.: Determination of organic phosphorus in soils: II. Ignition method. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **19**. 139—143. 1955.
- [11] MATTINGLY, G. E. G.: The influence of intensity and capacity factors on the availability of soil phosphate. *Tech. Bull. Minist. Agric. Fish.* **13**. 1—9. 1965.
- [12] MORGAN, M. F.: *Chemical diagnosis by the universal soil testing system*. Conn. Agric. Exp. Stn. Bull. 392. 1937.
- [13] OLSEN, S. R. et al.: Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA. Circ.* **939**. 19. Washington. 1954.
- [14] PETERSEN, G. W. & COREY, R. B.: A modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of inorganic soil phosphates. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **30**. 563—565. 1966.
- [15] PIPER, C. S.: *Soil and plant analysis*. Univ. of Adelaide. Adelaide. 1950.
- [16] SAXENA, S. N.: Characterisation of soil available phosphorus. *Proc. Int. Symp. Soil Fert. Evaluation*. New Delhi. *Indian Soc. Soil Sci.* **1**. 361—369. 1971.
- [17] *Soil taxonomy*. USDA. U.S. Soil Survey Staff. Washington. 1975.
- [18] SOMANI, L. L., CHOUDHARI, J. S. & SAXENA, S. N.: Studies on acid gradient elution of soil phosphates. *Plant and Soil*. **41**. 223—232. 1974.
- [19] SRIVASTAVA, O. P. & PATHAK, A. N.: Available phosphorus in relation to forms of phosphate fractions in Uttar Pradesh soils. *Geoderma*. **5**. 287—296. 1971.
- [20] TANDON, H. L. S., TYNER, E. H. & WALKER, W. M.: The relation of labile phosphorus to soil inorganic phosphorus forms: evaluation by regression analysis. *Proc. Int. Symp. Soil Fert. Evaluation*. New Delhi. *Indian Soc. Soil Sci.* **1**. 105—109. 1971.
- [21] URIYO, A. P. & KESSEBA, A.: The use of HClO_4 in the determination of reductant soluble iron phosphate in soil. *Plant and Soil*. **39**. 699—702. 1973.
- [22] WALKLEY, A. & BLACK, I. A.: An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* **37**. 29—38. 1934.
- [23] WHITE, R. E. & BECKETT, P. H.: Studies on the phosphate potentials of soils. I. The measurement of phosphate potential. *Plant and Soil*. **20**. 1—16. 1964.

A Study on Predicting Plant Available Phosphorus in Some Soils of Rajasthan

L. L. SOMANI

Rajasthan College of Agriculture, Dept. of Soil Science and Agricultural Chemistry, Udaipur (India)

Summary

A pot experiment was carried out using fifteen representative surface soils of Rajasthan to study the contribution of inorganic phosphate fractions (adsorbed P, Fe-P, Al-P and Ca-P) to phosphorus taken up by *Vigna radiata* var. *mungo*, as well as the relationship of these P fractions with the readily available P content determined with different extractants. The values of simple correlation coefficients showed that plants derived their phosphorus from all the inorganic P fractions.

In studies based on simple correlations it was not possible to separate the direct effect of a fraction from the indirect effect caused by its own relationship with another fraction. Therefore multiple regression analysis was employed and its results also showed that plants derived their phosphate from all the inorganic phosphate fractions and that all the extractants of available phosphorus (capacity parameter) extracted some from each of the four inorganic P fractions.

Efforts were also made to predict phosphate uptake by *Vigna radiata* var. *mungo* by taking into account the relative attribution of capacity, intensity and kinetic parameters. The results indicated that any of Olsen's P, Morgan's P and acid gradient elution P could be successfully employed as a measure of capacity parameter for predicting plant utilizable phosphorus on the tested soils.

Table 1. Some characteristics of the soils used in the experiments. (1) Soil series (location). (2) Taxonomic unit [17]. (3) Parent material: a) Banded gneissic complex; b) Bundelkhand gneiss; c) Alluvium of Vindhyan region; d) Gneiss; e) Alluvium; f) Granite. (4) Organic C, %. (5) EC, $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ (25 °C).

Table 2. Distribution of organic and inorganic phosphorus fractions in some soils of Rajasthan. (1) Soil series (location). (2) Organic P, ppm. (3) Organic C: organic P. (4) Inorganic phosphorus fractions, ppm: adsorbed P, etc. (5) Total-P, ppm.

Table 3. Capacity and intensity parameters and plant uptake of phosphorus. (1) Soil series (location). (2) Available-P, ppm determined with the Olsen, Morgan, Bray and acid gradient elution methods. (3) Equilibrium P potential (EPP). (4) Plant uptake of P, mg/pot.

Table 4. Simple, multiple and stepwise regression analyses for relative contribution of inorganic fractions towards P uptake by *Vigna radiata* var. *mungo* and P extracted by various extractants. (1) Dependent and independent variables: A) P uptake; B) Olsen's P; C) Morgan's P; D) Bray's P; E) P in acid gradient elution; a) Adsorbed P; b) Constant. B: regression coefficient; R: multiple regression coefficient; r: simple regression coefficient. (2) Overall F. Level of significance: * 5 per cent; ** 1 per cent; *** 0.1 per cent.

Table 5. Simple, multiple and stepwise regression analyses for relative contribution of intensity, kinetic and capacity parameters to P uptake by *Vigna radiata* var. *mungo*. (1) P uptake and independent variables: a) Olsen's P; b) Organic C:organic P; c) Equilibrium phosphate potential (EPP); d) Constant; e) Morgan's P; f) Bray's P; g) Acid gradient elution P. For other legend see Table 4.

Untersuchung von Methoden zur Schätzung des aufnehmbaren P-Gehaltes bei einigen Böden in Rajasthan

L. L. SOMANI

Landwirtschaftliche Hochschule von Rajasthan, Udaipur, Rajasthan (Indien)

Zusammenfassung

In Gefäßversuchen mit *Vigna radiata* var. *mungo* wurden auf 15 typisch rajasthanischen, aus Ackerkrumen stammenden Bodenproben die Zusammenhänge der anorganischen Boden-P-Fractionen einestils mit der P-Aufnahme der Pflanze, andernteils mit dem unter Verwendung verschiedener Extraktionsmittel bestimmten leichtlöslichen P-Gehalt der Böden untersucht. Den einfachen Korrelationskoeffizienten zufolge haben die Pflanzen aus allen anorganischen Fractionen des Bodens aufgenommen. Aufgrund der einfachen Korrelationen ist es nicht gelungen die unmittelbare Wirkung der einzelnen P-Fractionen abzusondern von den aus den gegenseitigen Wechselwirkungen stammenden indirekten Wirkungen. Deshalb zeigte sich die Berechnung mehrfacher Regressionen für begründet. Die Berechnungen erwiesen aufs Neue, dass die Pflanzen den Phosphor aus allen vier anorganischen P-Fractionen aufgenommen haben. Gleichzeitig stammten auch die mit den verwendeten Extraktionsmitteln bestimmten P-Gehalte (Kapazitätsparameter) von diesen P-Fractionen.

Es wurde berechnet, mit welcher Bestimmtheit die bei *Vigna radiata* var. *mungo* gemessene P-Aufnahme geschätzt werden kann, wenn man zur Schätzung des P-Nachlieferungsvermögens der Böden ausser dem Kapazitätsfaktor auch den Intensitäts- und den kinetischen Faktor in Betracht nimmt. Die nach Olsen, bzw. Morgan durchgeführten Bestimmungen des leichtlöslichen P-Gehaltes, wie auch die sukzessiv durchgeführte saure Extraktion haben sich gleichermassen als verwendbare Parameter für die Angabe der Aufnehmbarkeit des P-Gehaltes der Böden erwiesen.

Tab. 1. Einige Kennwerte der untersuchten Böden: (1) Herkunftsort der Böden. (2) Systematische Einteilung der Böden [17]. (3) Muttergestein: a) Gneiskomplex mit Schichten; b) Bündelkhand-Gneis; c) Vindhyan-Alluvialboden; d) Gneis; e) Alluvialboden; f) Granit. (4) Organischer C-Gehalt, %. (5) Elektrische Leitfähigkeit, $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ (bei 25 °C).

Tab. 2. Menge der anorganischen P-Fractionen und des organischen P in den einzelnen Böden. (1) Herkunftsort der Böden. (2) Organischer P-Gehalt, ppm. (3) Organisches C: organisches P. (4) Anorganische P-Fractionen, ppm. (5) Gesamter P-Gehalt, ppm.

Tab. 3. Kapazitäts- und Intensitätsparameter der Böden und P-Aufnahme der Pflanzen. (1) Herkunftsort der Böden. (2) Aufnehmbarer P-Gehalt der Böden, ppm, bestimmt mit den Methoden nach OLSEN, MORGAN, BRAY, und der sukzessiven Extraktion. (3) Gleichgewichts-P-Potential, (EPP). (4) P-Aufnahme der Pflanzen, mg/Gefäss.

Tab. 4. Parameter der einfachen und der multivariablen Regressionsberechnung zwischen den anorganischen P-Fractionen der Böden und der P-Aufnahme von *Vigna radiata* var. *mungo*, bzw. zwischen den mit verschiedenen Extraktionsmitteln bestimmten aufnehmbaren P-Werten. (1) Abhängige und unabhängige Variable: A) P-Aufnahme; B) Olsen-P; C) Morgan-P; D) Bray-P; E) mit Säure sukzessive extrahiertes P; a) adsorbiertes P; b) Konstante. B: Regressionskoeffizient; R: mehrfacher Korrelationskoeffizient; r: einfacher Korrelationskoeffizient. (2) F-Wert. Signifikant bei * 5%, ** 1%, *** 0,1%.

Tab. 5. Rolle der Kapazitäts-, Intensitäts- und kinetischen Parameter in der P-Aufnahme von *Vigna radiata* var. *mungo* (abhängige Variable) aufgrund der einfachen Korrelation und der Regression mit mehreren Variablen. (1) P-Aufnahme und unabhängige Variable: a) Olsen-P; b) Organisches C: Organisches P; c) Gleichgewichts-P-Potential; d) Konstante; e) Morgan-P; f) Bray-P; g) mit Säure sukzessive extrahiertes P. (2) F-Wert.

Методы оценки усвояемого фосфора на примере нескольких почв Райястана

Л. Л. СОМАНИ

Кафедра почвоведения и агрохимии Райястанской Высшей Сельскохозяйственной Школы, Удаипур, Райястан (Индия)

Резюме

Для вегетационных опытов использовали верхние горизонты 15 наиболее характерных для Райястана почв и культуру *Vigna radiata* var. *mungo* и изучали усвоение растениями фосфора из минеральных фракций-Р, а также связь этих фракций с легкоусвояемым фосфором, определяемым в различных растворителях. Простые коэффициенты корреляции показали, что растения усвоили фосфор из всех неорганических фракций -Р. На основе простых зависимостей не удалось выделить прямого влияния отдельных Р-фракций от их косвенного влияния, вытекающего из их взаимосвязей. Поэтому провели расчеты многостепенной регрессии. Последние показали, что растения усвоили этот питательный элемент из всех 4-х минеральных фракций фосфора, а также то, что усвояемый фосфор, определенный различными методами, также берет свое начало из всех фракций.

Рассчитали, с какой достоверностью, по параметрам, предложенным для оценки обеспеченности почвы фосфором, можно прогнозировать усвоение фосфора *Vigna radiata* var. *mungo*, при учете интенсивности и кинетического фактора. Результаты определения содержания легкоусвояемого фосфора по Олсену или Моргану, а также методом фазового кислотного растворения дают параметры, характеризующие усвояемость запаса фосфора в почве.

Табл. 1. Некоторые показатели для изученных почв. (1) Место залегания почвы. (2) Место почвы в классификационной системе (17). (3) Материнская порода: а) Слоистый гнейсовый комплекс. б) Бунделкхангский гнейс. с) Виндхианские аллювиальные отложения. д) Гнейс. е) Аллювий. ф) Гранит. (4) Органический С, %. (5) Электропроводность, мхос · см⁻¹ (25 °C).

Табл. 2. Минеральные Р-фракции и содержание органического фосфора в отдельных почвах. (1) Место залегания почвы. (2) Органический -Р, ppm. (3) Органический С/органический-Р. (4) Фракции минерального фосфора, ppm. (5) Всего-Р, ppm.

Табл. 3. Параметры ёмкости и интенсивности почв и усвоение фосфора растениями. (1) Место залегания почвы. (2) Усвояемый фосфор, ppm, по Олсену, Моргану, Брену и определенный обычным методом растворения. (3) Равновесный потенциал фосфора (EPP). (4) Усвоение фосфора растениями, мг/сосуд.

Табл. 4. Параметры для расчета простой и множественной регрессии между содержанием в почве неорганических фракций фосфора и усвоением фосфора растением, или между величинами усвояемого фосфора, полученными различными методами. (1) Зависимые и независимые переменные: А) Усвоение-Р. В) Олсен-Р. С) Морган-Р. D) Брей-Р. Е) Кислотное растворение. а) Абсорбированный-Р. б) Константа. В: коэффициент регрессии. R: коэффициент множественной регрессии. г: коэффициент простой регрессии. (2) Величина-F. Достоверно на уровне: * 5%, ** 1%, ***0,1%.

Табл. 5. Влияние ёмкости, интенсивности и кинетических параметров на усвоение подопытным растением фосфора (зависимые переменные) на основе множественной регрессии и простой зависимости. (1) Усвоение фосфора и независимые переменные: а) Олсен-Р. б) Органический С:Органический Р. с) Равновесный потенциал фосфатов. д) Константа. е) Морган-Р. ф) Брей-Р. г) Фосфор, определенный обычным кислотным растворением. (2) Величина F.